

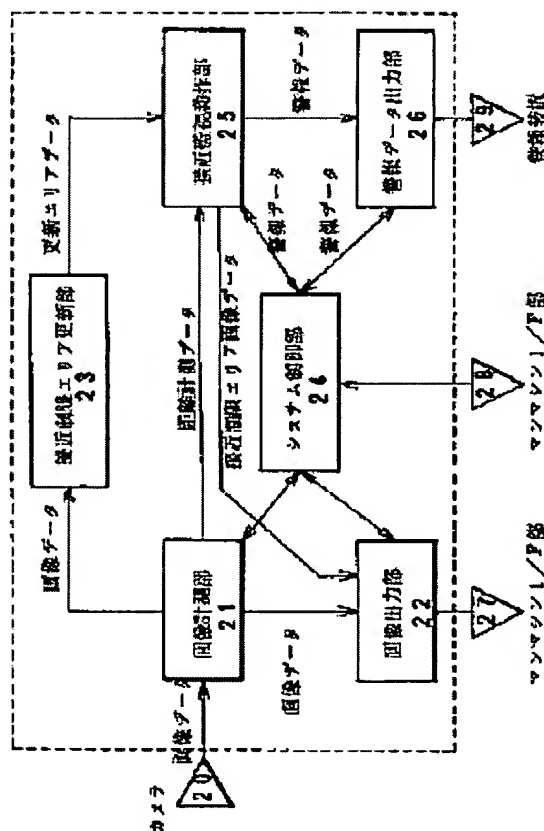
## IMAGE MONITORING DEVICE AND ITS USAGE

**Patent number:** JP6347220  
**Publication date:** 1994-12-20  
**Inventor:** NAKAMURA CHO; UEMACHI SHINYA; KIKUCHI TAKEHIKO; ISHIBASHI TAKESHI  
**Applicant:** SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES; TOKYO ELECTRIC POWER CO  
**Classification:**  
- international: G01B11/00; G01C3/06; G06T1/00; G06T7/00; G08B25/00; G01B11/00; G01C3/06; G06T1/00; G06T7/00; G08B25/00; (IPC1-7): G01B11/00; G01C3/06; G06F15/62; G08B25/00  
- european:  
**Application number:** JP19930164133 19930607  
**Priority number(s):** JP19930164133 19930607

Report a data error here

### Abstract of JP6347220

**PURPOSE:** To accurately measure the distance of a target for safe operation by observing the target according to two camera groups which cross each other and then obtaining the same feature point and then determining three-dimensional coordinates.  
**CONSTITUTION:** For example, the image of the surrounding of a heavy machine-gun is picked up by a camera 20 and image data are obtained for each camera and are sent to an image measuring part 21. The image measuring part 21 performs A/D conversion of the image data, extracts feature points, and then determines three-dimensional coordinates of the feature points using data among different cameras. An image output part 22 outputs the image data from the image measuring part 21 to a man-machine interface part 27. Also, an access limitation area update part 23 receives image data and then sets the access limitation area around a transmission line or an iron tower. Then, an access monitoring operation part 25 receives the distance measurement data of the heavy machine-gun, transmission line, and iron tower from the image measuring part 21 and then generates alarm data when the heavy machine-gun enters the access limitation area such as the transmission line and then outputs them to an alarm device 29.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

F-9113

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-347220

(43) 公開日 平成6年(1994)12月20日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/00	H	9206-2F		
G 0 1 C 3/06	V	9008-2F		
G 0 6 F 15/62	3 8 0	9287-5L		
	4 1 5	9287-5L		
G 0 8 B 25/00		9377-5G		

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平5-164133

(22) 出願日 平成5年(1993)6月7日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(71) 出願人 000003687

東京電力株式会社

東京都千代田区内幸町1丁目1番3号

(72) 発明者 中村 兆

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住

友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 上町 新也

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住

友電気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 弁理士 川瀬 茂樹

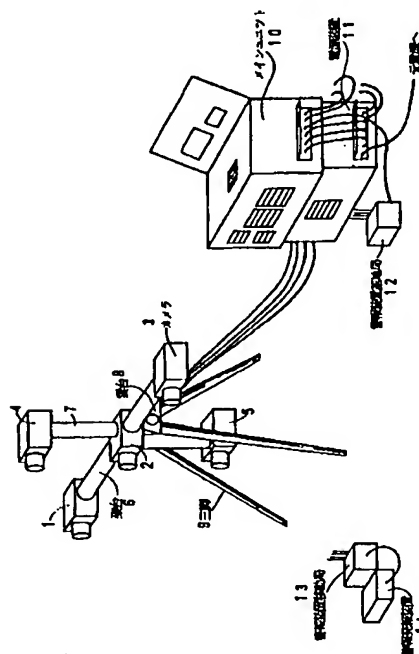
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像監視装置とその使用方法

(57) 【要約】

【目的】 送電線や鉄塔などの近くでクレーン車等重機を用いて作業をする場合、クレーン車や作業者が送電線などに過度に接近しないように注意しなければならない。このため監視のための作業員が余分に必要であって作業能率上好ましくなかった。クレーン車などの送電線への接近をテレビカメラによって自動的に監視するようにした装置を提供する。

【構成】 直交する線上に3以上のカメラを配置したものを撮像光学系として用いる。送電線のように水平に長いものは縦に並ぶカメラ群によって距離測定し、鉄塔のように縦に長いものは横方向に並ぶカメラ群によって距離測定する。カメラで撮像した画像を処理して送電線や鉄塔、クレーン車の三次元的座標を求める。送電線の周りに危険エリアを設定する。クレーン車の位置を監視して危険エリアに入ると警報を発する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 直線上に並べられ互いに平行な光軸を持つ3以上のカメラ群と、その直線とはほぼ直交する直線上に並べられ互いに平行な光軸を持つ3つ以上のカメラ群と、カメラで撮像された画像データを画素毎にA/D変換するA/D変換部と、画素の階調の変化により特徴点を抽出する特徴点抽出部と、画素毎のデータを記憶する画像メモリと、異なるカメラ間で特徴点を同定し、カメラによって定義される三次元座標系における、特徴点の三次元座標を計算する画像計測処理部と、送電線や鉄塔等の危険物の近傍に危険エリアを設定し、対象となる重機の座標を計算し危険エリアにあるかどうかを判定する危険度判定部と、危険度判定部のデータから重機と危険物が接近し過ぎていることを知らせる警報を発生する警報装置とを含むことを特徴とする画像監視装置。

【請求項2】 直線上に並べられ互いに平行な光軸を持つ3以上のカメラ群と、その直線とはほぼ直交する直線上に並べられ互いに平行な光軸を持つ3つ以上のカメラ群と、カメラで撮像された画像データを画素毎にA/D変換するA/D変換部と、画素の階調の変化により特徴点を抽出する特徴点抽出部と、画素毎のデータを記憶する画像メモリと、異なるカメラ間で特徴点を同定し、これらの特徴点の対応が正しいことを、i番目とj番目のカメラ画面での同一特徴点に対する位置 $u_i$ と $u_j$ の差をカメラ間の距離 $h_{ij}$ で割った値 $(u_i - u_j) / h_{ij}$ が同一であるという性質を利用して確かめ、カメラによって定義される三次元座標系における、特徴点の三次元座標を計算する画像計測処理部と、送電線や鉄塔等の危険物の近傍に危険エリアを設定し、対象となる重機の座標を計算し危険エリアにあるかどうかを判定する危険度判定部と、危険度判定部のデータから重機と危険物が接近し過ぎていることを知らせる警報を発生する警報装置とを含むことを特徴とする画像監視装置。

【請求項3】 直線上に並べられ互いに平行な光軸を持つ3以上のカメラ群と、その直線とはほぼ直交する直線上に並べられ互いに平行な光軸を持つ3つ以上のカメラ群と、カメラで撮像された画像データを画素毎にA/D変換するA/D変換部と、画素の階調の変化により特徴点を抽出する特徴点抽出部と、画素毎のデータを記憶する画像メモリと、異なるカメラ間で特徴点を同定し、カメラによって定義される三次元座標系において特定の範囲に限定して、特徴点の三次元座標を計算する画像計測処理部と、送電線や鉄塔等の危険物の近傍に危険エリアを設定し、対象となる重機の座標を計算し危険エリアにあるかどうかを判定する危険度判定部と、危険度判定部のデータから重機と危険物が接近し過ぎていることを知らせる警報を発生する警報装置とを含むことを特徴とする画像監視装置。

【請求項4】 直線上に並べられ互いに平行な光軸を持つ3以上のカメラ群Aと、その直線とはほぼ直交する直線

上に並べられ互いに平行な光軸を持つ3つ以上のカメラ群Bと、カメラで撮像された画像データを画素毎にA/D変換するA/D変換部と、画素の階調の変化により特徴点を抽出する特徴点抽出部と、画素毎のデータを記憶する画像メモリと、異なるカメラ間で特徴点を同定し、カメラによって定義される三次元座標系における、特徴点の三次元座標を計算する画像計測処理部と、送電線や鉄塔等の危険物の近傍に危険エリアを設定し、対象となる重機の座標を計算し危険エリアにあるかどうかを判定する危険度判定部と、危険度判定部のデータから重機と危険物が接近し過ぎていることを知らせる警報を発生する警報装置とを含む画像監視装置において、カメラ群Aによりカメラ群Aの並ぶ直線とはほぼ直角な配置をなす監視対象物を監視し、カメラ群Bによりカメラ群Bの並ぶ直線とはほぼ直角な配置をなす監視対象物を監視するようにしたことを特徴とする画像監視装置の使用法。

【請求項5】 直線上に並べられ互いに平行な光軸を持つ3以上のカメラ群と、カメラで撮像された画像データを画素毎にA/D変換するA/D変換部と、画素の階調の変化により特徴点を抽出する特徴点抽出部と、画素毎のデータを記憶する画像メモリと、異なるカメラ間で特徴点を同定し、カメラによって定義される三次元座標系における、特徴点の三次元座標を計算する画像計測処理部と、送電線や鉄塔等の危険物の近傍に危険エリアを設定し、対象となる重機の座標を計算し危険エリアにあるかどうかを判定する危険度判定部と、危険度判定部のデータから重機と危険物が接近し過ぎていることを知らせる警報を発生する警報装置とを含む画像監視装置において、最初にカメラ群を水平または垂直に並べて対象物を撮像し、次にカメラ群をこれと直角の方向に回して同じ対象物を撮像するようにして、実質的に直交する2軸に沿ってカメラ群を備えるのと同じ測定をするようにしたことを特徴とする画像監視装置の使用法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、架空送電線へのクレーン等重機の接近を監視するために、テレビカメラで撮像した画像を特徴抽出し、距離を求めるようにした画像監視装置に関する。例えば、送電線の近くで、クレーン車を用いて高所での作業を行う場合がある。この場合、クレーン車または、作業者が送電線に接触する恐れがある。そこで、作業中、安全のために、送電線との距離を監視している必要がある。従来は作業者の一人が常時送電線を見張っており、危険がないかどうかを監視するようにしていた。しかしそのようにすると、監視者は作業に参加出来ないので無駄が多い。また、監視者が目を離した瞬間に事故が発生する可能性がある。

## 【0002】

【従来の技術】そこでテレビカメラで作業場所の周囲を撮像し、画像処理して、送電線との距離を自動的に測定

し、安全かどうかを確かめるということが考えられる。特願昭63-260018号は、このような目的に沿う「異常接近検出装置」を与える。これは動的な接近検出方法である。テレビカメラによって、鉄塔、送電線、クレーン車等を撮像する。送電線の周囲に危険の度合いに応じた危険エリアを予め設定して置き、この中にクレーン車が入ると異常接近と判定するのである。撮像した画像をデジタル変換し、これをメモリに記憶させる。

【0003】クレーン車がさらに送電線に近づくと、危険エリア内のデジタル画像の画素信号が変化する。この変化を濃度変化検出部で検出する。これによりクレーン車の異常接近が検出される。送電線の周囲に複数の程度の異なる危険エリアを設けておき、濃度変化の時間的な先後関係によって、クレーン車の接近、離隔まで判定できる。そしてクレーン車が危険な程度に送電線に接近した時は、スピーカーから警報を出し作業者や運転者に知らせる。

【0004】特願平3-98193号は、一直線上に並べられた複数のカメラによって同じものを同時に撮像し、それぞれにおいて、デジタル変換し、特徴点を抽出し、同じ特徴点を各カメラで撮像した場合に成り立つべき関係式があるので、これを満たすか満たさないかの判定を行い、正しい特徴点情報のみを用いてカメラと特徴点の距離を計算するようにしている。この際、カメラからの距離の範囲を限定し、計算時間の短縮を計っている。

【0005】特願平3-98194号も、一直線上に並べられた複数のカメラによって、送電線、鉄塔、クレーン車など同じものを同時に撮像し、それぞれにおいて、デジタル変換し、特徴点抽出して、同じ特徴点を各カメラで撮像した場合に成り立つ関係式を満たすか満たさないかの判定をして、正しい情報のみを用いて、カメラと特徴点を求める。特徴点の時間微分を取って、これで残った特徴点のみについて距離を計算する。これは動的な特徴点のみに着目することにより、クレーン車の送電線への異常接近を検出しようとするものである。

【0006】前記2つの発明は、何れも複数の直線上に並べたカメラにより対象を撮像し、共通の特徴点を検出し、特徴点抽出が正しいかどうかを調べることににより誤りを予め避けようとしている。しかも考慮すべき特徴点を限定して計算の時間を短くしようとしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】先に述べた、特願昭63-260018号は、送電線の周囲に危険エリアを設定し、この内部での画像の濃度変化により、クレーン車の危険エリアへの接近を検出する。しかしこの方法は、濃度の変化がクレーン車の移動による場合にのみ正しい結果を与えることができる。その他の物体が偶移動して濃度変化を引き起こすこともあるので、誤動作の可能性がある。また、危険エリアを適正に設定しなければなら

ない。カメラの位置が危険エリアを正確に分断できるところにある必要がある。

【0008】つまり危険エリアといっても三次元的に定義されているのではなく、カメラから見た二次元的な投影を観察するだけである。本質的に二次元的な動作である。巧く危険エリアがカメラ内に位置しないと、危険エリアと安全エリアが重なるので、実際にクレーン車が危険エリアにあるのか、安全なエリアにあるのか分からない。これはカメラによって撮像したものをそのまま二次元画像として扱うからである。

【0009】特願平3-98193号、特願平3-98194号は、直線上に3以上のカメラを並べ、同一の特徴点を3つ以上のカメラで撮像し、画面上の位置の間に一定の関係が存在するかどうかを調べて、そのような関係のないものを除き、同一特徴点であることを確かめてから、特徴点までの距離、角度を求め三次元的な座標を決めるものである。これは前述の二次元的な手法と全く違う。三次元的に特徴点の位置を求める。送電線、鉄塔、クレーン車などの位置を三次元的に定めることができるので、これらの相互の距離を計算することができる。

【0010】二つのカメラを使って距離測定するのは三角測量といって昔から用いられる。これは同一の対象物を二つのカメラで見ると、角度が異なるので、カメラ間の距離とその角度とから、距離が分かるのである。似たような点が多数存在するため、2台のカメラでは対象物の特徴点の同定をリアルタイムに行うことは難しいが、3台以上では可能である。

【0011】直線上に並べた3つ以上のカメラを使う方法にはしかしなお次の難点がある。カメラが並ぶ直線に平行な対象物は距離測定が出来ないということである。カメラが水平に並んでいる場合、複数の水平な送電線をこれらによって観察しても、遠近の関係が分からない。送電線の一点を特徴点として決定できればよいが、そうでない場合は、遠近の違いすら分からない。距離測定は勿論できない。反対に鉛直軸にそってカメラを並べた場合は、電柱や鉄塔のように鉛直方向に並ぶ物体までの距離を測定できない。

【0012】つまりカメラの並ぶ基軸に平行な物体を対象とする場合この物体までの距離を測定することができない。本発明はこのような難点を解決し、任意の配置、形状の物体の三次元位置を決定できるようにした画像監視装置を提供することを第1の目的とする。送電線や鉄塔の周囲に危険エリアを三次元的に設定し、クレーン車の位置も三次元的に求め、クレーン車と送電線や鉄塔との距離を検出し、危険を回避できるようにした画像監視装置を提供することが本発明の第2の目的である。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は2本の直交する軸に3以上のカメラを並べたカメラ群を用いる。これに

より同一の対象物を観察し、画面での位置の違いにより、対象物までの距離や方位を決めることができる。

【0014】送電線のような水平の物体は、縦に並んだカメラ群により正確に位置決定できるし、鉄塔や電柱のように縦に延びる物体は横に並んだカメラ群により正確に位置決定できる。

【0015】対象物の特徴点の決定は、画像の濃淡の差を利用する。濃淡の差は画像の濃度を微分することによって得られる。濃度変化の起こる方向と同一の方向に並んだカメラ群により正確な位置決定をすることができ

る。

【0016】また、送電線や鉄塔の廻りに危険エリアを三次元的に設定しておき、クレーン車等が危険エリア内にあるのかないのかを計算できるようにする。危険エリア内にクレーン車が入ったときは、何らかの手段により警告するようにする。

【0017】

【作用】図1は本発明の構成を示す概略図である。カメラ群が水平方向(y方向)に3つ以上並んでいる。これを $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、……としている。別のカメラ群が20 あってこれらは垂直に(z方向)並んでいる。これらを $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、……とする。対象となる物体の一部の点をPとする。ここでは水平にy軸を、垂直にz軸を取っている。カメラは全てyz面に垂直なx軸方向に向いている。カメラの中心視線が平行であるから、同一の物体点に対する画像にある一定の関係が存在する。位置測定にはこのような条件を設定してからなされる。

【0018】全てのカメラに点Pの像ができる。同じ点の像であるが、カメラの位置により像の位置が異なる。カメラの画面は、レンズより後方の焦点距離fの位置に20 できる。カメラの視線がx軸に平行であるから画面はyz面よりなる二次元平面である。画面の像の位置を位相ということがある。

【0019】カメラ群の中心軸線が平行であるので、水平方向(y軸)に並ぶカメラ群においてPの像のz座標は等しい。しかし、y座標が異なる。y座標の相違によって、物体Pのy座標が求められる。それと観測点(カメラ群の中心)からの距離も求まる。

【0020】垂直方向(z軸)に並ぶカメラ群にお

$$v_1 = f \tan \alpha_1$$

【0027】である。同じ $\alpha_1$ は物体との関係において次の関係をも満足する。

$$h_1 - Z = X \tan \alpha_1$$

【0029】この関係が全てのカメラ $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、……について成立する。未知数がX、Z、 $\alpha_1$ である。h<sub>1</sub>は原点からのカメラの距離で初めから決まって★

$$(v_1 - v_2) / f (h_1 - h_2) = 1 / X$$

【0031】が成り立つ。(h<sub>1</sub> - h<sub>2</sub>)fは予め分かっている量である。(v<sub>1</sub> - v<sub>2</sub>)は観測量である。従って任意の二つのカメラの組み合わせにより、物体Pの

\*る、物体Pの像はy座標が等しい。しかしカメラの高さによりz座標が異なる。z座標の違いを利用して、物体Pのz座標を正確に求めることができる。

【0021】水平方向(y方向)に並ぶカメラ $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、……群によって、物体Pのz座標を求めることができない訳ではない。もちろんz座標を求めることができる。先に述べた、特願平3-98193号、特願平3-98194号はこのようなカメラ配置で任意の物体Pの三次元位置を決定することができる。水平に並ぶカメラ群 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、……の物体Pの像のz座標が共通であると述べた。このz座標と、既に求められた距離により、物体Pのz座標が求まる。

【0022】このように対象が明確な点である場合は、水平カメラ群だけの観測でも、点の位置を正確に決めることができる。しかし送電線のように水平に長い物体の場合は、水平カメラ群に写る同一物体の特徴点を対応付けるのは難しく、これに平行なカメラ群によっては距離を正確に求めることができない。

【0023】そこで本発明は、このように直交する2軸20 に沿ってカメラ群 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、……、 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、……を並べるのである。こうするとカメラ群が相補的に働くので、どのような形状の対象物でも正確に三次元的位置を決めることができるのである。

【0024】まず直線上に並ぶカメラ群により、これと平行な方向の物体の座標を正確に求めることができることを示す。水平方向(y軸)に並ぶカメラ群 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、……は、物体のy座標を、鉛直方向に並ぶカメラ群 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、……は、物体のz座標を正確に決めることができる。

【0025】図2はz方向に並ぶカメラ群 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、……を例に示している。この図はxz面の投影図であるから、y座標は分からない。カメラ $D_1$ の原点からの距離をh<sub>1</sub>とする。物体Pのx座標、y座標、z座標をそれぞれX、Y、Zで表現する。カメラはx方向を向いているので、光軸と物体Pとカメラ中心を結ぶ直線のなす角を $\alpha_1$ とする。カメラ $D_1$ の画面上の像の位置のz座標を位相v<sub>1</sub>という。画面はレンズよりfだけ離れているので、位相v<sub>1</sub>は、

【0026】

(1)

※【0028】

(2)

★いる。v<sub>1</sub>は観測量である。任意の二つのカメラ $D_1$ 、 $D_2$ について、上記の関係が成り立つので、

【0030】

(3)

X座標が決まる。カメラが3以上あるので、二つのカメラの組み合わせの数はかなり多い。カメラの数をnとすると、組み合わせ数はn(n-1)/2である。

【0032】冗長性のある測定をしている。これは、特徴点の同定を行い誤ったデータを捨てて精度の高い測定をおこなうためである。たとえば隣接するカメラ間で上記の式を作り、全ての組み合わせにおいて、Xの値が合致するかどうかを確かめる。あるいは中心のカメラとその他のカメラの間で上の式を作り、成立性を確かめるようにしても良い。

【0033】どのようにしても3つ以上のカメラを用いる限り、特徴点の同定が正しいかどうかを確かめること\*

$$(v_i - v_{i+1}) / f h = 1/X$$

【0036】が成り立つ。カメラの数が5つの場合はこのような式が4つ成り立つ。許容誤差の範囲で全て同じ数値を与えるならば、同じ特徴点を見ているということになる。これが食い違えば食い違ったものを除いて計算を進める。これでカメラ群の含まれる面y zに対する物体Pの距離Xが求まる。高さは、位相 $v_i$ を $X/f$ 倍して求めることができる。これもカメラの数だけ求めることができる。さらにy座標はカメラ $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、※

$$(u_i - u_j) / f (k_i - k_j) = 1/X$$

【0039】これによっても物体Pのカメラ面からの距離Xを求めることができる。これから、物体Pのy座標を位相 $u_i$ に $X/f$ を乗ずることによって求めることができる。またz座標も求められる。

【0040】このように物体Pが点であれば、いずれのカメラ群の列によっても、カメラ面からの垂直距離Xや、三次元的座標を求めることができる。しかしながら、物体Pが線状の場合は、その線上での特徴点の位置が決まり難いので、線に直交する方向に並ぶカメラ群を用いて距離測定する。本発明の骨子の一つがここにある。

【0041】本発明はさらに危険物への物体の接近を監視するものであるから、危険物の周囲に危険エリアを定義する。図3は送電線の周りに危険エリアを設けた例を示す。これは任意に決めることができるが送電線のように線状のものの場合は、線から半径が幾らの範囲が危険エリアであるように決めることができる。危険エリアは従って、ある不等式によって定義できる。危険エリアは一つではなく図示するように2重に(危険エリアE、危険エリアF)定義することもできる。

【0042】その近傍にクレーン車があるが、クレーン車の外形点について三次元的座標を求め、これらが危険エリアの外にあるのか内側にあるのかを判定する。危険エリアを定義する式が単純な場合はこれは簡単である。クレーン車の部分の任意の点が、送電線からどれだけの距離にあるかということが簡単に計算できるからである。もちろんカメラ群から見える外形点にしか三次元的座標を求めることができない。そこで監視カメラ群の設置場所を工夫して、クレーン車と送電線の接近が良く見える箇所に置くべきである。

【0043】これは送電線の場合であるが、鉄塔のよう

※ができる。また、誤った特徴点を捨てた後は、これらの式で求まるXの平均値をXとして採用することもできるので測定後の処理により精度を向上させることができる。

【0034】例えば、隣接するカメラの距離が同一である場合は、単位の距離をhとして、隣接するカメラ間の画像の位相を $v_i$ 、 $v_{i+1}$ として、(n-1)個の式、

【0035】

$$(4)$$

※…の横方向の位相(これは等しい)から求めることができる。

【0037】以上の説明は、高さ方向(z方向)にカメラ群が並んでいる場合であるが、横方向に並んでいる場合も同様である。この場合は、z方向の像の位置すなわち位相を $u_i$ で表現し、カメラの原点からのy方向の位置を $k_i$ として、(3)と同様の式が成り立つ。

【0038】

$$(5)$$

20 に鉛直の物体の場合は危険エリアも縦に長い円筒形の空間になる。さて画像処理について述べる。図4に概略を示す。カメラで外部を観察し、画像を得るがこれは画素毎の情報に分けられ、A/D変換して、画素毎のデジタル信号とする。画素は縦横にN×M個ならぶ画像の最小単位であるが、たとえば512画素×1024画素とかさまざまなカメラがある。画素データを明暗の差により特徴点抽出を行う。

【0044】実際には孤立した特徴点があるのではなくて、物体の外形にしたがって、特徴点が並ぶようになる。そして外形に従って同一の点を対応付けする。異なるカメラでの同一点の像を対応させるのである。対応ができると、その点の画面上の位置から前述の計算をし、特徴点の同定を行う。さらに先述の計算法によってその点の三次元的座標を求める。

【0045】図6は画面を構成する画素の値を記憶するフレームメモリを示す。画素の値がsビットである場合、sビットのフレームメモリを用いる。画素を縦横の座標(u, v)で表す。画素の値を $g_{uv}$ とする。画面の左上から $g_{00}$ 、 $g_{10}$ 、……と並ぶ。横に(1+1)画素、縦に(J+1)画素がある。カラー画像であっても、白黒画像であっても良い。これらの画素の値gを明暗の程度に対応させる。物体があると、明暗の差が生ずるので、物体の輪郭が分かる。

【0046】図5で示すように、送電線J、鉄塔A、B、ヒルKなどがあるとする。送電線Jの近くにクレーン車Cがあり、監視装置Mによってこれらを観察したと仮定する。一つのカメラで見た特徴点画像は図7のようになる。多くのカメラで見ているので同様であるが少しづつ異なる特徴点画像がカメラの数だけ得られる。

【0047】特徴点というが物体が連続して存在するの

で特徴点も連続した曲線をなす。鉄塔の全ての線も特徴点の集合であるし、送電線の線も特徴点の集合である。ビルも特徴点の集合である。

【0048】全ての物体においての全ての特徴点について三次元的座標を計算するのであるが、対応付けが簡単な特徴点と難しいものがある。鉄塔のてっぺんとかアンテナの頂点、ビルのコーナー、広告マークなどは対応付けし易い。しかし鉄塔の特徴点は上下に一定の位置を与え難い。送電線の場合は、横方向に同一であるから横方向の位置を決め難い。

【0049】しかし本発明ではこれは差し支えないことである。相補的に特徴点の定義し易いほうのカメラ群を用いるからである。

【0050】図8に示すように縦に延びる物体の場合は、水平に並ぶカメラ群 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、…により距離測定する。カメラ群軸と、物体の広がり直交するので特徴点の同定が多少縦方向(z方向に)にずれても画面上で特徴点の像のy座標は殆ど異ならない。縦に延びるものであるので、重要なのはx座標とy座標である。画面上でのy座標を求めて、前述のような拘束条件の成立性を確かめる。そして同一特徴点である(z方向に多少ずれていても構わない)ことが分かったら、これからx座標を求める。さらにy座標も求める。z座標も求めるのであるが、これはカメラのz方向の位相 $\nu$ から求められる。これは多少の誤差があっても差し支えない。

【0051】図9に示すように横に延びる物体の場合は、縦に並ぶカメラ群 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、…によって距離測定する。カメラ群軸と物体の広がり直交するので、特徴点の同定の際多少横にずれても良いのである。重要なのはx座標とz座標である。それぞれのカメラの画像において特徴点のz座標を求めて、前述の拘束条件が成り立っているかどうかを調べる。そして成り立っているものについて、x座標の計算をし、さらにz座標を求める。同様にy座標も求める。

【0052】クレーン車のように輪郭線が折れ曲がっており特徴点の同定の容易であるものは、どちらのカメラ群によっても特徴点の三次元的座標を正しく求めることができる。このような動作は時間的に繰り返す。全ての輪郭線について座標が求まるとこれで終りというのではなく、同じ事を繰り返す。その間に動く物体もあるから常に最新の位置情報を得るようにしなければならない。

【0053】このようにして、送電線、鉄塔、クレーン車などの特徴点につき三次元的座標を求める。ところが特徴点と明暗の濃度の差によって求めたものであるから、連続した物体の輪郭線となる。つまり輪郭線上の点の全てについて三次元的座標を求めることになる。カメラの視野に入る部分しか座標を求めることができないが、カメラの位置を適当なところに設定すれば、クレーン車などと送電線、鉄塔などの最近接の点の間の距離を常に監視できる。

【0054】カメラの数が多く、特徴点の数が多くなればなるほど計算の時間が増える。そこで、計算時間を短縮するために次のようにしても良い。一つは、クレーン車の近くの範囲のみ、物体の特徴点の座標を求めるようにするのである。範囲を限定するので計算の時間を減らすことができる。空間的な制限を付ける手法としては、カメラ群からの距離が一定範囲にあるものを選ぶようにしても良い。

【0055】図10はこのように監視装置からの距離によって対象となる領域を制限した例を示す。監視装置の前面、垂直距離がaからbまでの範囲のみを対象にする。これはクレーン車の存在する領域である。クレーン車の安全を確保するのが目的であるので、クレーン車から余りに離れた所まで監視する必要がないことによる。図10のように制限すると、図11のように処理すべき画像の中には送電線の一部とクレーン車しか存在しないようになる。こうすると範囲が限定されるので処理時間が削減される。

【0056】あるいは、クレーン車のように動くものが危険なのであるから、時間微分を計算して動くものだけについて、座標を求めるようにしてもよい。もちろん初めに静止している送電線や鉄塔についてのデータを得て輪郭線についての座標を求め危険エリアを設定した後である。この後は静止したものについてのデータを更新する必要がない。

【0057】

【実施例】図12は本発明の実施例に係る画像監視装置の概略斜視図である。この例ではカメラは3つ水平に並び、縦に3つ並んでいる。合計5つである。これは最少の場合である。もっと多くのカメラを利用することもできる。中央のカメラが上下左右のカメラ群に共通に含まれるが、そうでなくても良い。1群のカメラは架台6、7によって互いに連結されている。カメラ群は雲台8に乗っている。雲台8は三脚9によって支えられる。これは簡略化されたもので実際にはもっとしっかりした基台を用いるのが良い。しかも基台と雲台の間で自在に旋回できるようにするのが望ましい。

【0058】カメラ群は視覚装置を構成するが、これは適当な数のケーブルによりメインユニット10と接続される。メインユニット10は電源装置11に繋がっている。また警報を発信するための、警報装置基地局12がメインユニットの近傍に設けられる。これが無線で警報を送る。クレーン車などの近くには、警報装置移動局13があり、これが警報発報装置14を備え、無線で送信された警報を音声にしてクレーン車等の運転者、作業者に知らせようになっている。

【0059】図13は本発明の装置の概略の構成を示す図である。これは大きく分けて、カメラ20、画像計測部21、画像出力部22、接近制限エリア更新部23、システム制御部24、接近監視動作部25、警報データ



出力部26、マンマシンインタフェース部27、28、警報装置29などよりなる。カメラは先述のように直交2軸にそって3つ以上のカメラを光軸が平行になるように並べたものである。

【0060】縦横に並ぶカメラ群全てで、一つの対象の全ての特徴点を観測してもよいが、次のようにすると一層効果的である。つまりX軸に平行に並ぶカメラ群ではY軸方向に並ぶ対象物を観測する。Y軸に平行に並ぶカメラ群ではX軸に並ぶ対象物を観測する。つまり対象物の長手方向と直交する方向に並ぶカメラ群を利用して対象の位置を決定するのである。

【0061】同一のことは一列のカメラ群によっても行うことができる。水平方向にならぶカメラ群で初めて対象を撮像し、次いでカメラ群を90度回転させて垂直方向に並ぶカメラ群として、同一の対象を撮像する。これで実質的に直交2軸に沿うカメラ群と同じことを行うことが出来る。

【0062】カメラ20で重機（クレーン車）の周囲を撮像する。カメラ毎に画像データが得られる。これは縦横の画素データの集合である。アナログデータである。画像データを画像計測部21に送る。画像計測部21では、画像データをA/D変換し、特徴点抽出をする。濃度の階調により特徴点を定義できる。実際には物体が連続した外形を持つので外形線が特徴点の集合となる。それぞれの特徴点について各カメラで撮像したデータを画像メモリに蓄積する。各カメラについて同様の事をする。同一特徴点についての異なるカメラ間でのデータを用いて特徴点の三次元的座標を決定する。座標は全体の監視装置を基準にした座標として求めることができる。

【0063】画像計測部21は、画像出力部22に画像データを与える。画像出力部22は画像データをマンマシンインタフェース部27に出力する。接近制限エリア更新部23は、画像データを受けて、送電線や鉄塔の回りに接近制限エリアを設定する。たとえば送電線の場合は距離が一定であるような円筒状の空間を接近制限エリアとする。接近監視動作部25はクレーン車や送電線、鉄塔の距離計測データを画像計測部21より受け取る。

【0064】そしてクレーン車が送電線などの接近制限エリア内に入ると、警報データを発生する。警報データは警報データ出力部26から警報装置29に出力される。警報装置は既に述べているが、監視装置側の警報装置基地局と、クレーン車の近くに置かれた警報装置移動局からなっている。システム制御部24は、画像計測部21、接近制限エリア更新部23、接近監視動作部25、警報データ出力部26を制御する。

【0065】次により具体的な条件の例を述べる。

①カメラ…41万画素の分解能を持つ小形CCDカメラを4台備えるカメラユニットである。これを縦横に並べている。合計8台のカメラを使っている。

【0066】②A/D変換部…カメラからの映像を8ビ

ット256階調の輝度データに変換する。

【0067】③特徴点抽出部…監視動作時は、輝度データに一次元空間微分フィルタを施してコントラストを算出する。その値の大きなものを特徴点として出力する。専用のDSPを用いてビデオレートで処理する。

【0068】④画像メモリ…画像データ、又は特徴点データをメモリする。

【0069】⑤画像計測部…初期設定時と接近監視時によって動作が異なる。初期設定時には、距離計測部では送電線の距離計測を行う。接近監視時には、距離計測部では重機の三次元的座標計測をする。これらの処理は、各処理部のCPUが平行して行う。

【0070】⑥接近制限エリア更新部、接近監視動作部…初期設定時には、画像計測部で得られた送電線の三次元座標を基に三次元的な危険エリアのデータベースを作成する。接近監視動作時は、画像計測部より得られた物体の三次元的座標と危険エリアの座標を比較し、接近状態の危険度を判定する。

【0071】⑦システム制御部…カメラの架台旋回制御、警報装置制御などを行う。マンマシンインターフェース部へデータを入出力する。初期設定時は画像計測部、画像出力部への設定値の入出力を行う。接近監視動作時は架台制御、警報装置の制御などを行う。例えば32ビットのパソコンを用いることができる。

【0072】⑧警報装置…警報装置基地局、警報装置移動局、警報発報装置よりなる。

以上の構成においてその作用を説明する。

【0073】〔初期設定時の動作〕カメラを監視する方向に向けて据え付ける。システムを起動させる。距離計測用カメラの光軸調整を行う。送電線の電圧に基づいて接近制限距離を決定しこれを入力する。モニタ画面上で、各カメラ毎に送電線の一部をカーソルなどを用いて指定する。

【0074】画像処理部ではそれぞれの画像上で指定されたエリア内で特徴点を抽出する。これらを基に画像全体から送電線を抽出する。次に抽出された左右のカメラの送電線画像に対応付けを行う。そして異なる画面間での視差を求める。これから送電線の三次元座標を算出する。

【0075】送電線近傍の空間を小領域に分割し、各領域毎に、入力された危険エリアに基づいて危険度を求める。これを危険エリアデータベースとして作成する。

【0076】〔接近監視動作〕距離計測用カメラの画像上の物体の特徴点を抽出する。これら特徴点間の対応付けを行う。対応点が見つかるこの三次元的座標を計算する。架台の旋回角度から、計測された物体の三次元的座標を危険エリア作成時の座標系（基準座標系）に変換する。そして危険エリアのデータベースと比較して、物体が危険エリア内にあるか否かを調べる。物体は危険エリア内にある場合は危険度に応じた警報を出す。



【0077】

【発明の効果】直交する二つのカメラ群により対象物を観察し、同一の特徴点を求めて三次元的座標を決定する。対象物が水平に長い場合は鉛直方向のカメラ群を用いて特徴点を決め、距離計測を正確に行うことができる。対象物が縦に長い場合は、水平方向のカメラ群を用いて、距離計測を正確に行うことができる。三次元位置の決定がより正確に行われる。危険エリアの設定も三次元的に行えるので、送電線や鉄塔の近傍でのクレーン車などの作業の安全性を向上する上で、極めて効果的である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を示し縦横に3以上のカメラ群を並べた撮像系の斜視図。

【図2】直線上に並ぶ複数のカメラによって、同じ物体を観察した時の像の位置を示す概略図。

【図3】クレーン車が送電線の近傍で作業するとき送電線の周囲に危険エリアを設定することを示す斜視図。

【図4】カメラで撮像したデータを画像処理する過程を示すブロック図。

【図5】クレーン車が送電線の近くで作業している場合の周囲の例を示す平面図。

【図6】カメラで撮像した画像をA/D変換した後、メモリに記憶させるメモリの構造を示す図。

【図7】図5の配置例をカメラにより撮像した画面の例。

10

20

\*

\*【図8】縦に延びる物体の場合に水平に並ぶカメラ群により距離計測する状態を示す斜視図。

【図9】横に延びる物体の場合に縦に並ぶカメラ群により距離計測する状態を示す斜視図。

【図10】カメラ群からの距離により距離測定範囲を限定した例を示す平面図。

【図11】距離により測定範囲を限定した場合において、カメラの画像処理をした後の例を示す図。

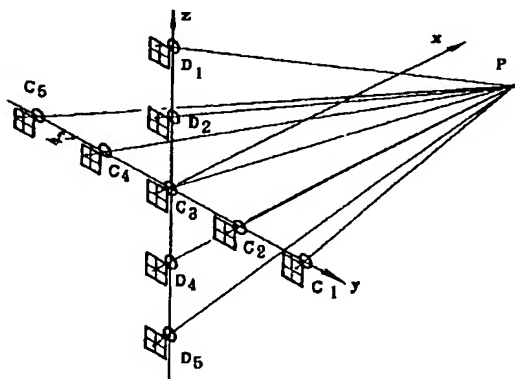
【図12】本発明の実施例に係るカメラ群、処理装置、警報装置などを示す斜視図。

【図13】本発明の装置の機能を示す構成図。

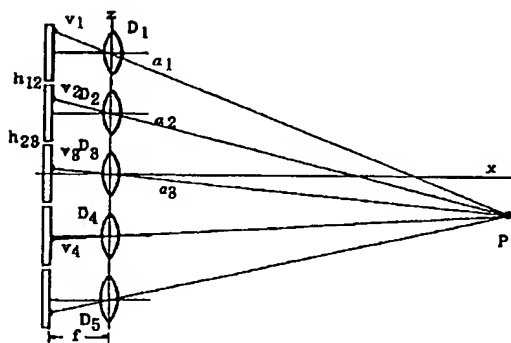
【符号の説明】

- 1 カメラ
- 2 カメラ
- 3 カメラ
- 4 カメラ
- 5 カメラ
- 6 架台
- 8 雲台
- 9 三脚
- 10 メインユニット
- 11 電源装置
- 12 警報装置基地局
- 13 警報装置移動局
- 14 警報発報装置

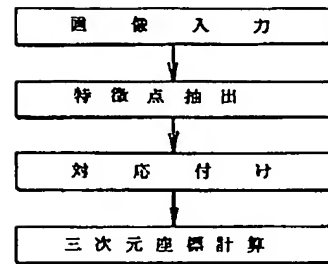
【図1】



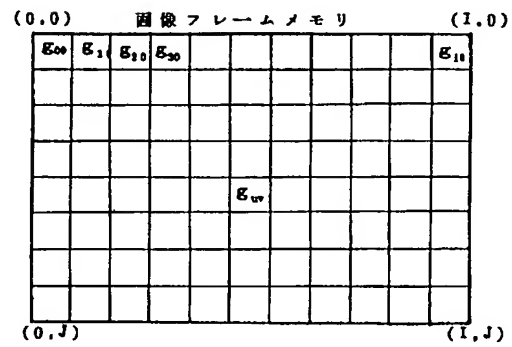
【図2】



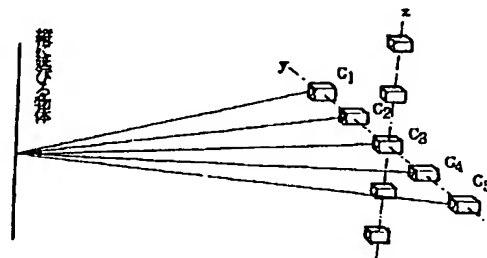
【圖4】



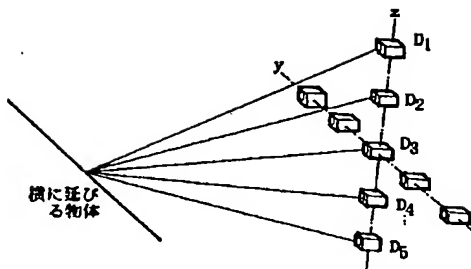
【図6】



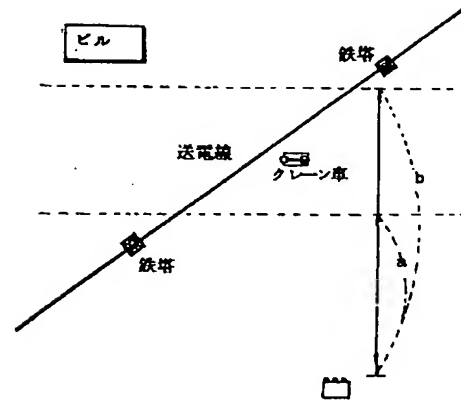
【图 8】



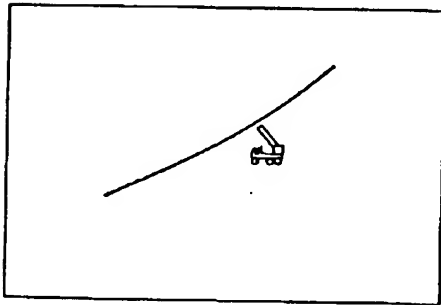
【図9】



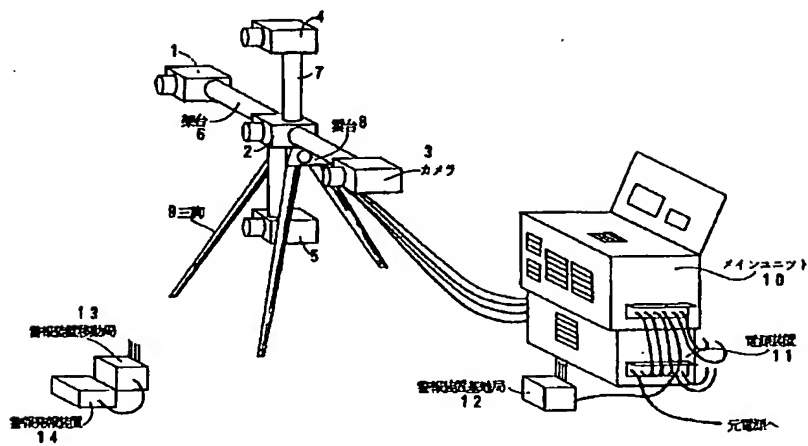
【図10】



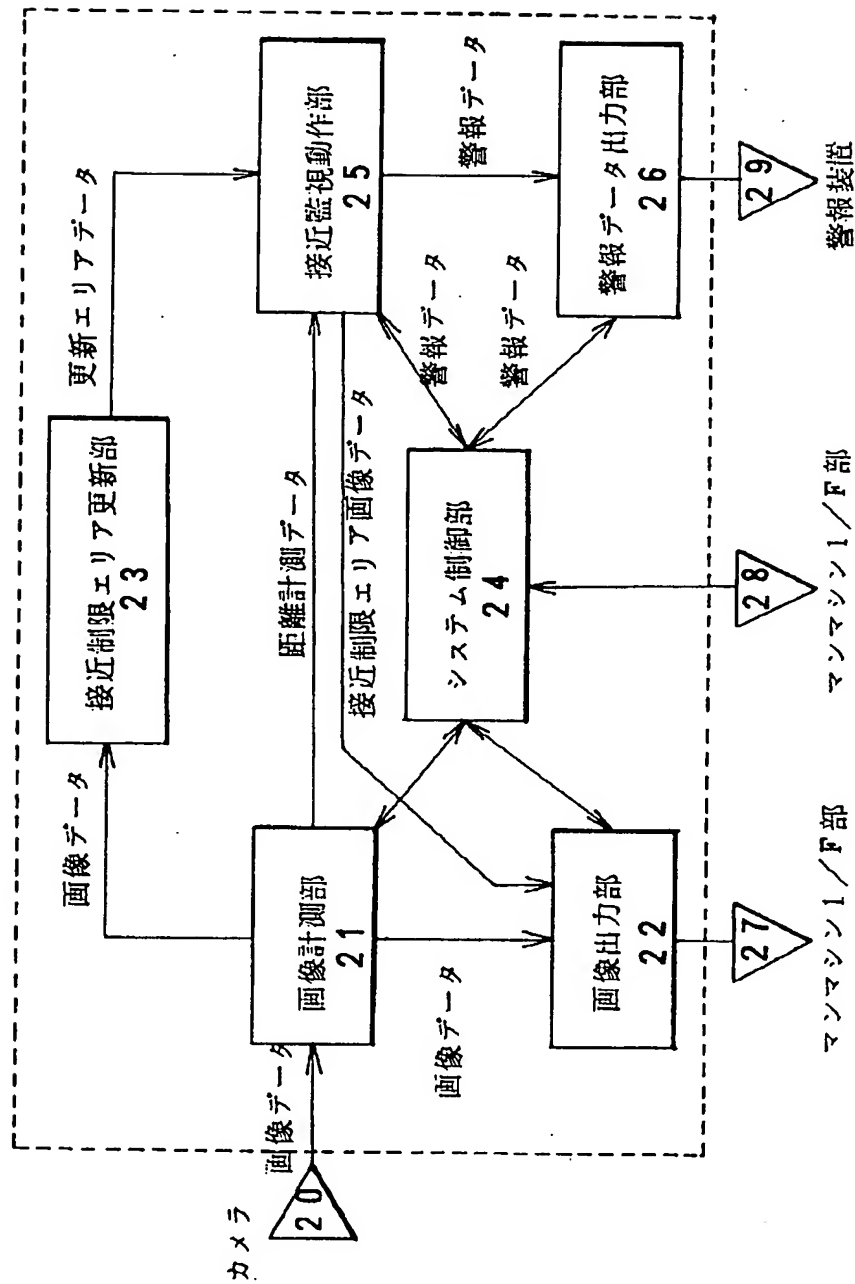
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 菊池 武彦  
東京都千代田区内幸町一丁目1番3号東京  
電力株式会社内

(72)発明者 石橋 武  
東京都千代田区内幸町一丁目1番3号東京  
電力株式会社内